



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104266770 B

(45)授权公告日 2017.05.17

(21)申请号 201410532426.1

(22)申请日 2014.10.10

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104266770 A

(43)申请公布日 2015.01.07

(73)专利权人 中国科学院空间科学与应用研究中心  
地址 100190 北京市海淀区中关村南二条1号

(72)发明人 翟光杰 郑福 王超

(74)专利代理机构 北京方安思达知识产权代理有限公司 11472

代理人 王宇杨 王敬波

(51)Int.Cl.

G01J 11/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 102333195 A,2012.01.25,

CN 103207024 A,2013.07.17,

US 2002/0148967 A1,2002.10.17,

Simon Verghese et al..Arrays of InP-based avalanche photodiodes for photon counting.《IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS》.2007,第13卷(第4期),第870页II.A. Detector Design,第873页 III.B.1.55um APDs,图1、23、26.

Mark A.Itzler et al..InP-based Geiger-mode avalanche photodiode arrays for three-dimensional imaging at 1.06 um.《SPIE Proceedings》.2009,第7320卷全文.

审查员 郜慧斌

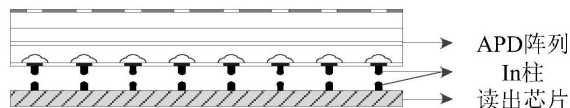
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种近红外多光子探测器

(57)摘要

本发明涉及一种近红外多光子探测器,包括:光电雪崩二极管阵列、读出芯片;其中,所述光电雪崩二极管阵列包括成阵列排布的多个单元,每一单元包括一个InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管;所述光电雪崩二极管阵列中的各个InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管通过In柱与所述读出芯片连接。



1. 一种近红外多光子探测器,其特征在于,包括:光电雪崩二极管阵列、读出芯片;其中,所述光电雪崩二极管阵列包括成阵列排布的多个单元,每一单元包括一个InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管;所述光电雪崩二极管阵列中的各个InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管通过In柱与所述读出芯片连接;

所述读出芯片包括:检测电路、脉冲叠加电路;其中,所述检测电路有多个,每一个检测电路对应一个InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管,所述检测电路用于对所对应的光电雪崩二极管单元进行淬灭和复原,且所述InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管每收到一个光子,所述检测电路输出一个脉冲;所述脉冲叠加电路将各个检测电路所输出的脉冲叠加,最终输出一个幅值和光子数成比例的脉冲。

2. 根据权利要求1所述的近红外多光子探测器,其特征在于,所述检测电路包括:驱动管、比较器、用于产生淬灭脉冲的第一单稳态触发器(1)以及用于产生复原脉冲的第二单稳态触发器(2);其中,芯片管脚PAD通过In柱与一个InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管相连,该PAD的输出端连接到一比较器的输入端,该比较器的另一输入端则输入作为比较器鉴别电压的REF信号;所述比较器的输出端连接到所述第一单稳态触发器(1)上,该第一单稳态触发器(1)分别与一驱动管、第二单稳态触发器(2)、作为门控信号的GATE信号输入端相连;所述第二单稳态触发器(2)与另一驱动管连接。

3. 根据权利要求2所述的近红外多光子探测器,其特征在于,当GATE信号为低时,所述第一单稳态触发器(1)发出淬灭脉冲,使得整个检测电路一直处于淬灭状态,当GATE信号为高时,每个光子触发APD雪崩,第一单稳态触发器(1)发出淬灭脉冲,隔一段时间第二单稳态触发器(2)发出复原脉冲,这一过程交替进行,整个检测电路正常工作。

4. 根据权利要求2所述的近红外多光子探测器,其特征在于,检测电路在正常工作时,PAD采集到所对应的InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管所释放的电流后,向比较器输出一电压,该电压与作为比较器鉴别电压的REF信号进行比较,若输出电压高于该电压,则识别为一个光子;当识别出一个光子后,所述第一单稳态触发器(1)向外部输出一个脉冲PULSE。

5. 根据权利要求1所述的近红外多光子探测器,其特征在于,所述脉冲叠加电路包括多条并联电路,每一并联电路上至少包括有一开关 $P_n$ ,所述脉冲叠加电路还包括一电阻,该电阻与这些并联电路串联;所述脉冲叠加电路中的各个开关受所对应的检测电路所输出的脉冲PULSE控制,若脉冲PULSE的值为1,则开关导通,该并联电路中的电流源向外传输电流。

## 一种近红外多光子探测器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光子探测器,特别涉及一种近红外多光子探测器。

### 背景技术

[0002] 单光子探测器(Single Photon Detector)由于其具有极弱光的探测性能,在航天、激光雷达、量子信息、生物医学等领域有广泛的应用前景。光电雪崩二极管(Avalanche Photon Diode,简称APD)是一种典型的单光子探测器,Si材料的光电雪崩二极管在可见光波段的应用得到很大程度的研究开发,而在近红外波段,InGaAs/InP材料的APD更受到大家的青睐。由于1310nm波段和1550nm波段是光纤的两个低损耗窗口,和这些波段的人眼安全性,使得InGaAs/InP的APD在量子保密通信、激光测距和激光雷达等领域受到了特别的关注。

[0003] 当InGaAs/InP材料的APD两端的偏置电压高于击穿电压时,其工作于盖革模式下,在这种情况下当一个光子被吸收时,就会在APD内部触发雪崩,产生一个可探测的电流信号。诸如InGaAs/InP材料APD的单光子探测器只能分辨单个光子,当一次有多个光子到来时,也会被当作单个光子来计数,即没有多光子分辨的能力。

[0004] 在现有技术中也存在适用于近红外波段的多光子探测器,如分离放大光电二极管(DAPD),它采用在倍增层分别进行倍增的方法进行各自放大,然后将电流一起导出来,电流的大小和光子数成正比。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种与现有的近红外多光子探测器在结构上并不相同的新型近红外多光子探测器。

[0006] 为了实现上述目的,本发明提供了一种近红外多光子探测器,包括:光电雪崩二极管阵列、读出芯片;其中,所述光电雪崩二极管阵列包括成阵列排布的多个单元,每一单元包括一个InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管;所述光电雪崩二极管阵列中的各个InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管通过In柱与所述读出芯片连接。

[0007] 上述技术方案中,所述读出芯片包括:检测电路、脉冲叠加电路;其中,所述检测电路有多个,每一个检测电路对应一个InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管,所述检测电路用于对对应的光电雪崩二极管单元进行淬灭和复原,且所述InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管每收到一个光子,所述检测电路输出一个脉冲;所述脉冲叠加电路将各个检测电路所输出的脉冲叠加,最终输出一个幅值和光子数成比例的脉冲。

[0008] 上述技术方案中,所述检测电路包括:驱动管、比较器、用于产生淬灭脉冲的第一单稳态触发器以及用于产生复原脉冲的第二单稳态触发器;其中,芯片管脚PAD通过In柱与一个InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管相连,该PAD的输出端连接到一比较器的输入端,该比较器的另一输入端则输入作为比较器鉴别电压的REF信号;所述比较器的输出端连接到所述第一单稳态触发器上,该第一单稳态触发器分别与一驱动管、第二单稳态触发器、作为

门控信号的GATE信号输入端相连;所述第二单稳态触发器与另一驱动管连接。

[0009] 上述技术方案中,当GATE信号为低时,所述第一单稳态触发器发出淬灭脉冲,使得整个检测电路一直处于淬灭状态,当GATE信号为高时,每个光子触发APD雪崩,第一单稳态触发器发出淬灭脉冲,隔一段时间第二单稳态触发器发出复原脉冲,这一过程交替进行,整个检测电路正常工作。

[0010] 上述技术方案中,检测电路在正常工作时,PAD采集到所对应的InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管所释放的电流后,向比较器输出一电压,该电压与作为比较器鉴别电压的REF信号进行比较,若输出电压高于该电压,则识别为一个光子;当识别出一个光子后,所述第一单稳态触发器向外部输出一个脉冲PULSE。

[0011] 上述技术方案中,所述脉冲叠加电路包括多条并联电路,每一并联电路上至少包括有一开关 $P_n$ ,所述脉冲叠加电路还包括一电阻,该电阻与这些并联电路串联;所述脉冲叠加电路中的各个开关受所对应的检测电路所输出的脉冲PULSE控制,若脉冲PULSE的值为1,则开关导通,该并联电路中的电流源向外传输电流。

[0012] 本发明的优点在于:

[0013] 本发明的近红外多光子探测器能够实现对多光子的探测,且各个探测单元相互独立,不会互相影响,鲁棒性高。

## 附图说明

[0014] 图1是本发明的近红外多光子探测器的结构示意图;

[0015] 图2是本发明的近红外多光子探测器的工作原理图;

[0016] 图3是本发明的近红外多光子探测器中的读出芯片的一种电路实现方式;

[0017] 图4是读出芯片中的脉冲叠加电路的电路图;

[0018] 图5是本发明的近红外多光子探测器中的读出芯片的另一种电路实现方式。

## 具体实施方式

[0019] 现结合附图对本发明作进一步的描述。

[0020] 参考图1,本发明的近红外多光子探测器包括:光电雪崩二极管阵列、读出芯片;其中,所述光电雪崩二极管阵列包括多个单元,每一单元包括一个InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管,这些InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管成阵列排布;所述光电雪崩二极管阵列中的各个InGaAs/InP材料的光电雪崩二极管通过In柱与所述读出芯片连接。

[0021] 图2为本发明的近红外多光子探测器的工作原理图,图中的上半部分中的田字形四边形表示由四个光电雪崩二极管组成的阵列,箭头表示有光入射。图中的 $P_0$ 、 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 为对应光电雪崩二极管的读出芯片中的对应每个光电雪崩二极管单元的检测电路输出的脉冲PULSE,OUT表示整个近红外多光子探测器的输出值。从该图可以看出,输出OUT的幅值与输入光子数成正比。

[0022] 下面对近红外多光子探测器的部件做进一步说明。

[0023] 参考图3,所述读出芯片包括:检测电路、脉冲叠加电路。所述检测电路用于对所对应的光电雪崩二极管单元进行淬灭和复原,对应一个光子输出一个脉冲。所述脉冲叠加电路将各个检测电路所输出的脉冲叠加输出一个脉冲,该脉冲的幅值和光子数成比例。

[0024] 所述检测电路有多个,每个检测电路对应光电雪崩二极管阵列中的一个单元。如图3中的左半部分所示,这些检测电路的排布方式与光电雪崩二极管阵列中的各个单元的排布方式相一致,各个检测电路的输出结果都被传输到所述的脉冲叠加电路。在图3中的右半部分,对检测电路的电路结构做了进一步的说明。一个检测电路包括:驱动管、比较器、用于产生淬灭脉冲的第一单稳态触发器1以及用于产生复原脉冲的第二单稳态触发器2。其中,芯片管脚PAD通过In柱与光电雪崩二极管阵列中的某一单元相连,该PAD的输出端连接到一比较器的输入端,该比较器的另一输入端则输入REF信号;所述比较器的输出端连接到第一单稳态触发器1上,该第一单稳态触发器1分别与一驱动管、第二单稳态触发器2、GATE信号输入端相连。所述第二单稳态触发器2与另一驱动管连接。

[0025] GATE信号在检测电路中作为门控方式,当GATE信号为低时,第一单稳态触发器1发出淬灭脉冲,使得整个检测电路一直处于淬灭状态,当GATE为高时,每个光子触发APD雪崩,第一单稳态触发器1发出淬灭脉冲,隔一段时间第二单稳态触发器2发出复原脉冲,这一过程交替进行,整个检测电路正常工作。检测电路在正常工作时,PAD采集到所对应的光电雪崩二极管单元所释放的电流后,向比较器输出一电压,该电压与作为比较器鉴别电压的REF信号进行比较,若输出电压高于该电压,则识别为一个光子。当识别出一个光子后,第一单稳态触发器1向外部输出一个脉冲PULSE。

[0026] 所述脉冲叠加电路有一个,如图4所示,该脉冲叠加电路包括多条并联电路,每一并联电路上至少包括有一开关 $P_n$ 与一电流源 $I_n$ ;该脉冲叠加电路还包括有一电阻,该电阻与这些并联电路串联。脉冲叠加电路中的各个开关受所对应的检测电路所输出的脉冲PULSE控制,若脉冲PULSE的值为1,则开关导通,该并联电路中的电流源向外传输电流。从该电路结构中很容易看出,若光电雪崩二极管阵列中有N个单元检测到光子,则会有N个对应的检测电路发出脉冲PULSE,进一步的,就会有脉冲叠加电路中的N个并联电路被导通,从而向外传输N路电流。因此,脉冲叠加电路中并联电路串联的电阻上的电压幅值与输入光子数成正比。

[0027] 图5是读出芯片的另一种电路实现方式,该电路同时具有检测电路与脉冲叠加电路的功能。在这一读出芯片中,当光子触发APD发生雪崩输出电流,电流直接在电阻 $R_0$ 上产生压降完成检测的功能;同时电阻上的压降降低了APD上的电压,完成了被动淬灭的功能;当同时有多路APD触发时,多路电流同时输出到 $R_0$ ,在 $R_0$ 产生一个和光子数成正比的电压,完成了脉冲叠加的功能。由于该读出芯片无需淬灭脉冲即可实现淬灭,因此该读出芯片也被称为被动淬灭电路,此电路的优点是电路结构简单,利于高密度集成。而图3所示的读出芯片需要淬灭脉冲来实现淬灭,因此该读出芯片也被称为主动淬灭电路,主动淬灭电路的优点是速度快。

[0028] 最后所应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,都不脱离本发明技术方案的精神和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

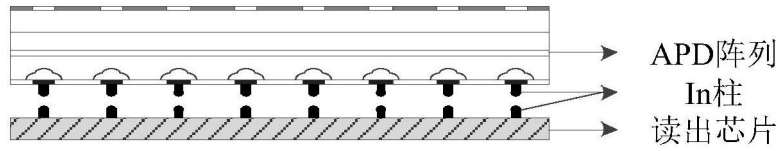


图1

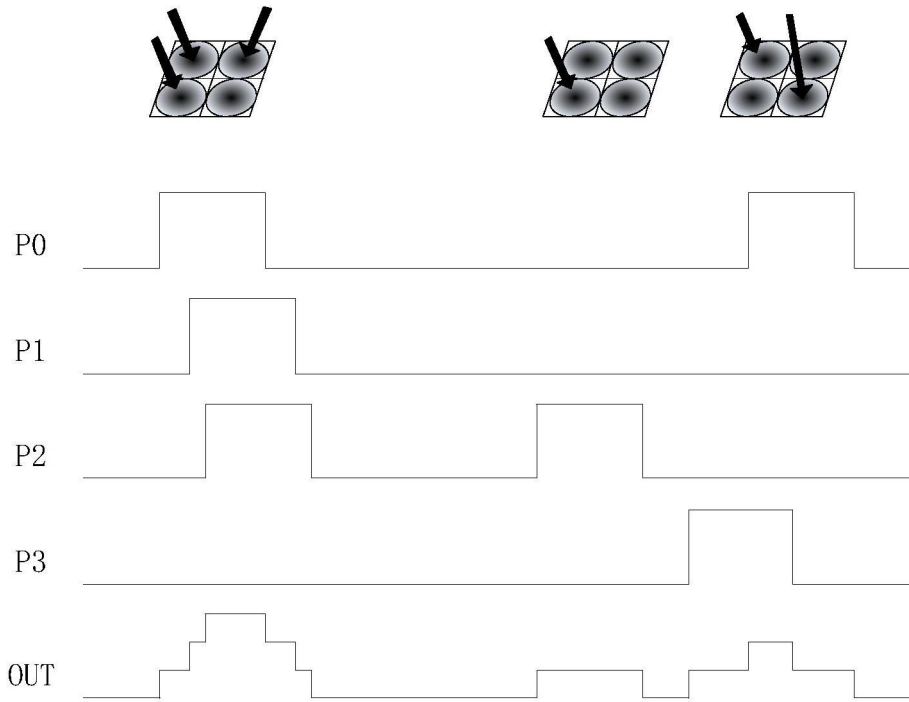


图2

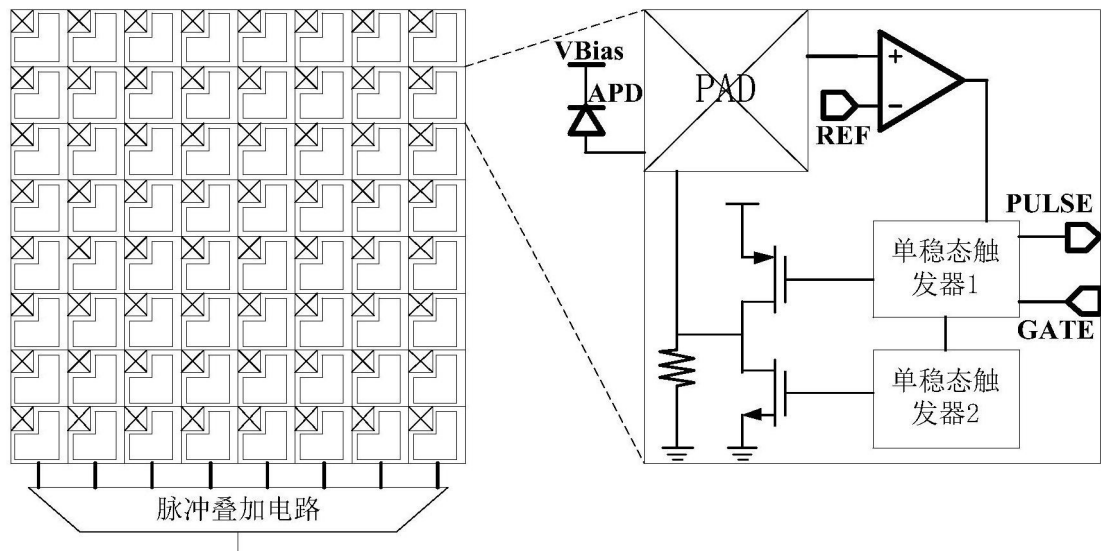


图3

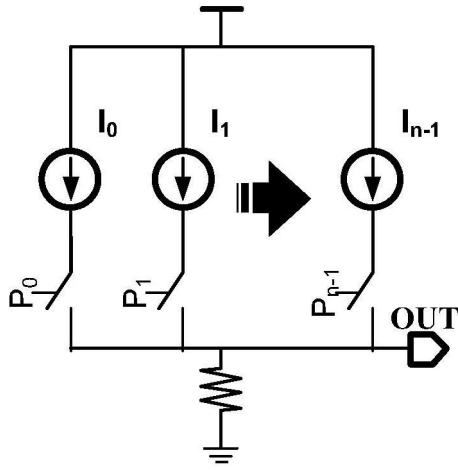


图4

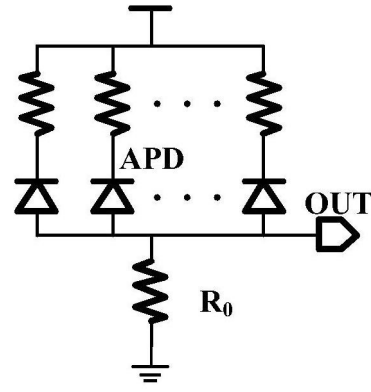


图5